

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

網際網路服務品質查詢量測及分配之促成工具

Enablers for Internet QoS Query, Measurement and Allocation

計畫編號：NSC 89-2213-E-002-168

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：蔡志宏 國立臺灣大學電信工程研究所教授

一、摘要

為了因應近年來網際網路分級服務的需求及潮流，未來網路管理人員必須進行量測或查詢以了解網路各項交通流及各節點所受服務品質之狀況。目前的網路交通量測偵錯程式大多非常簡易，並以來回量測為主，且若要獲得精確結果，會使網路多了額外的負載，為避免這種情形，我們提出結合 SNMP (Simple Network Management Protocol) 的方式及單向延遲量測之功能來掌握網路交通情況，預期以最少數的封包及利用 Q-DNS 來完成查詢網路交通的資訊並完成初步雛形。本計畫乃發展以 GPS 輔助之單向封包傳遞延遲之量測模組 (One-way QoS Measurement Module)，與單向延遲預測模組 (One-way delay Prediction Module)，用來量測單向遺失率、封包延遲並且預測網路的單向延遲，以滿足未來如 VoIP 或 IPTV 等先進應用。

關鍵詞：服務品質、排程演算法、允入控制、頻寬配置

Abstract

In order to meet the increasing demand and trend in Internet differentiated services, future network managers must continuously measure or query QoS statistics of various traffic flows and network nodes. Currently most traffic measurement and debug tools are extremely simple, and usually are based on round trip measurement. For accurate results, the load of network node will be increased. Thus, we have proposed the use of SNMP to query network traffic condition with minimal number of packets and complete the query with Q-DNS system. Both the prototype of Internet QoS Query Server and its Q-DNS have been completed. In this project, we developed GPS-based one-way delay measurement module and one-way delay prediction module for measuring delay, packet loss ratio and one-way delay prediction, to satisfy the need of advanced applications such as VoIP or IP TV.

Keywords: Quality of Service, Scheduling, Call Admission, Bandwidth Allocation

二、計畫背景及目的

近年來 VoIP、VoD 等多媒體應用出現在網際網路上的比例大量增加，且在服務品質分級的需求下，網路延遲的特性越來越受重視，然而網路延遲卻是一個複雜的時變變數，單純的網路規劃與管理很難滿足服務品質分級的要求，尤其是當使用者要進行這些多媒體應用時，最怕遇到網路壅塞的時候而造成使用品質不良。而且目前的網路服務提供者並沒有提供具有類似多媒體服務品質的預測系統，這對使用者而言是一件非常沒有保障的。如果使用者在還沒有執行多媒體應用之前就可以事先得知未來的網路延遲行為，並且可以依照所進行的應用來進行服務品質判斷。這樣使用者就可以事先得知未來執行這些多媒體應用的品質，而避免浪費不必要的時間與金錢。此本研究提出簡單、成本較低且精準度足以滿足網路多媒體應用的方法量測網路單向延遲與網路班向延遲的預測系統，以利多媒體應用在網際網路上發展分級服務。

在對網路服務品質查詢或量測之後，網路管理人員經常需要進一步調整網路組態以便將網路品質進一步提升或進行重新分配，此時需要一套服務品質分配的理论模型。傳統文獻或已商用之路由器上常可見到各種排程演算法以對即時應用提供服務保證或差別服務，但過去此方面研究常著重於演算法之複雜度降低方法或延遲上限之分析。本研究則是採最差情況下之延遲上限作為端點對端點及局部節

點之服務品質要求，而提出一套完整的允入控制機制及頻寬配置程序，以有效增加網路或節點的使用效率。

此外，在一般排程演算法中，很少關心如何對一新進之 connection 分配每點之延遲要求以達到端點到端點之服務品質要求。因此如何將端點到端點之服務品質要求對應至局部之服務品質要求已成為增加網路使用率外最重要的課題。本研究計畫是採用 (σ, ρ) 形式之確定式網路模型，其中 ρ 為平均速率， σ 為封包抵達之叢集量，並以最差情況之延遲上限作為端點到端點及局部節點之服務品質要求。本計畫著重於上述之各項議題，而提出一套完整的允入控制機制及頻寬配置程序，一方面能使所有用戶都能滿足其服務品質需求，另一方面也能有效增加網路或節點的使用效率。

三、研究方法及結果

1. 網路單向延遲之量測

網路延遲 (Network Delay) 是一個變動非常大的變數，要對這種變數找到一種數學模型來預測是一件非常困難的事，所以我們將改對其網路延遲抖動 (Network Delay Jitter) 進行統計分析以進行預測。在此我們定義在本研究會使用的參數與數學式子。

高差異相關函數 (High Difference Correlation Function)

$$\begin{aligned} C_q(\tau) &= \{E[(\delta x(\tau))^q]\}^q \\ &= \{E[(x(t+\tau) - x(t))^q]\}^q \dots \text{公式(1)} \end{aligned}$$

在本研究中 q 為 2[3]，且 $x(t)$ 與 $x(t+\tau)$ 分別是在 t 與 $t+\tau$ 時間間隔所量測得到的網路延遲， $\delta x(\tau)$ 為在 τ 時間間隔的網路延遲抖動。之後再套入才筆雪不等式與 Chernoff Bound。

$$\lim_{T \rightarrow \infty} P[|\delta x(\tau)| > X_B] < \left[\frac{C_2(\tau)}{X_B}\right]^2 \text{ 公式(2)}$$

公式(2)中的 X_B 為網路延遲的目標臨界值，由公式(2)我們可以得到 τ 時間間隔後的網路延遲抖動大於目標臨界值的機率上下限，因為網路延遲只有大時才會造成服務品質變差，所以我們只要預測大於網路延遲目標臨界值的機率，所以預測的錯誤率會小於 $2 \times \left(\frac{C_2(\tau)}{X_B}\right)^2$ 。另一個方法為採用

Chernoff Bound 來找出 τ 時間間隔的機率上限為採用 Chernoff Bound 的方法。

$$P[\delta X(\tau) > X_B] < e^{-\lambda X_B} E[e^{-\lambda \delta X(\tau)}] \\ \lambda \geq 0 \dots \text{公式(3)}$$

在公式(3)中 X_B 為網路延遲抖動的目標臨界值。由於在公式(3)中的 λ 唯一一個大於 0 的數，所以我們將 λ 以任一直帶入，並且一直比較其錯誤機率直到找到最小的錯誤機率，即為預測的錯誤機率。其預測的錯誤機率會小於 $e^{-\lambda X_B} E[e^{-\lambda \delta X(\tau)}]$ 。

如果當我們得到 τ 時間間隔之後的網路延遲抖動，再加上目前的網路延遲，這樣就可以得到 τ 時間間隔後的網路延遲。然而對於網路

2. 網路單向延遲預測與網際網路服務品質查詢系統之整合

由於既有之網際網路服務品質查詢系統缺乏網路單向延遲之預測功能，故本研究將前述之預測方法加以整合。整合後之服務品質查詢伺服器 [1] 中，資訊交換模組與效能評估及解釋模組經過修改並且增加歷史資料查詢模組，圖三為服務品質查詢伺服器之內部模組，歷史資料查詢模組主要的功能是可以讓網路管理者得知過去網路的好壞，資訊交換模組整合前述之網路單向延遲之交換，而效能評估及解釋模組則整合之前所述之網路單向延遲預測功能。

3. 實作與驗證結果

本研究利用三台電腦主機進行量測實作，其主要配備規格如表一所列，並各連接一 GPS 接收器以做為時間同步之參考時鐘。圖四為 3 月 20 號量測從台灣大學 IP 位置 140.112.21.103 到台灣大學 211.73.64.200 的 IP 位置的網路單向延遲進行 1000 秒以後網路延遲預測的結果。

與既有之服務品質查詢系統整合後，本研究在國家實驗網路與台灣學術網路上進行實際的測試，以驗證整合後之服務品質查詢系統之可行性。

服務品質分配模型

首先，本計畫假設所有網路交通流必須先經過記號水桶(token bucket)整

流，以符合事先所簽訂之交通描述參數(traffic descriptor) (σ_i, ρ_i) ，進而經由交通排程器做進一步之傳輸排程，節點架構圖如圖一所示。

在本計畫中，提出了一套複雜度不高的允入控制機制，可有效增加系統允入區域(Call Admission Region)的範圍，並且能夠滿足不同用戶的服務傳輸延遲上限要求。圖二(a)是傳統演算法所得到的允入區域，而圖二(b)則是本計畫的演算法所得到的允入區域，由圖可知確實能夠增加系統能夠容納的用戶數，因此可使節點使用效率大幅增加。

四、結論與討論

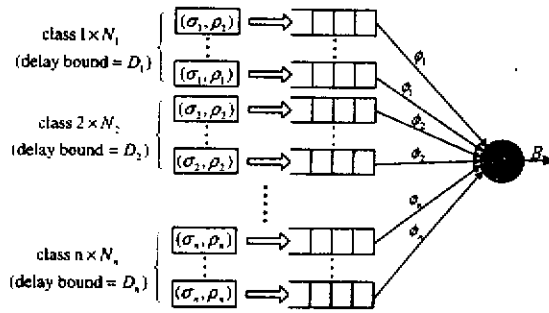
由於多媒體應用等對網路單向延遲敏感之交通在網際網路上所佔之比重日益增加，然而目前網路服務品質提供者並無法提供一套可以預測多媒體應用的服務，使用者都只能靠簡單的即時性的量測工具來判斷未來的網路延遲，以評估實際多媒體應用的品質。本研究同時開發網路預測技巧與整合計有的量測系統，主要是想利用數學與統計的方法求得一個有理論基礎的網路延遲預測值，使得使用者可以避免遇到網路壅塞的時候，以避免浪費不必要的時間與金錢。

另外在本計畫中，也提供了一種服務品質分配模型的設計方式，一方面能夠適用於各種不同交通特性的多媒體應用，另一方面也可使網路資源能夠充分地被利用。

五、參考文獻

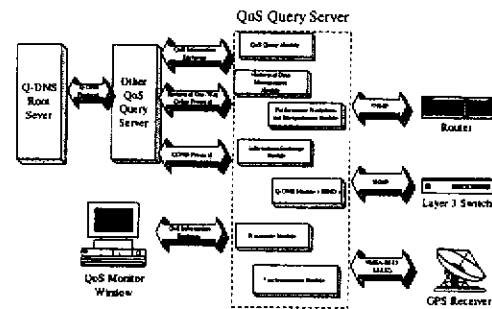
- [1] 吳潮銘, 蔡建良, 黃金維, 蔡志宏, “網際網路服務品質查詢系統之設計與實作”, TANET'99, October 1999.
- [2] GARMIN Corporation, *GPS 25—LVS Technical Specification*, 1998.
- [3] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, “A One-way Delay Metric for IPPM,” RFC 2679, September 1999.
- [4] Qiong Li, David L. Mills, “Jitt Based Delay Boundary Prediction of Wide-Area Networks,” http://www.ee.udel.edu/~qli/paper/delay_pred.html.
- [5] P.Meakin, “Fractal, scaling and growth far from equilibrium,” Cambridge University Press, 1988.
- [6] A.K. Parekh and R.G. Gallager, “A generalized processor sharing approach to flow control in integrated services networks: the single-node case,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 1, no. 3, pp. 344-357, June 1993.
- [7] R. L. Cruz, “A calculus for network delay, Part I: Network elements in isolation,” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 37, pp. 114-131, 1991.

六、圖表

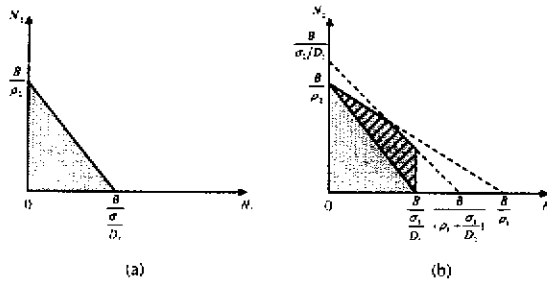


圖一 服務品質分配模型之節點架構

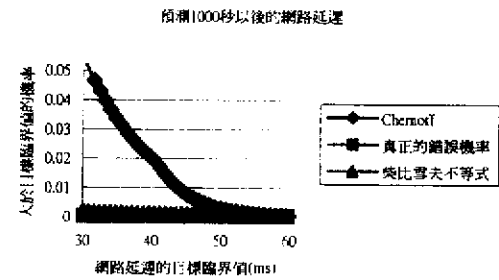
圖



圖三整合後之服務品質查詢伺服器內部架構



圖二 允入區域範圍比較圖



圖四 由台灣大學量測到國家實驗網路的網路單向延遲進行預測

	台灣大學電機系	台灣大學計算機中心	中正大學計算機中心
CPU	Pentium II 450	Pentium II 450	Pentium III 733
RAM	128M SDRAM	128M SDRAM	128M SDRAM
Mother Board	MicroStar 6163 Pro	MicroStar 6163 Pro	ASUS CUBX
VGA Card	SiS 6326	SiS 6326	SiS 6326
Hard Disk	IBM DJNA-371350	IBM DJNA-371350	IBM DJNA-371350
Floppy Disk	None	None	None
CDROM	None	None	None
NIC	3Com 905C×2	3Com 905C×2	3Com 905C×2
OS	FreeBSD 4-0 Release	FreeBSD 4-0 Release	FreeBSD 4-0 Release

表一 實作所使用之電腦主機主要配備